

# NAWIERZCHNIE ASFALTOWE

Nr  
1(57)/2019

KWARTALNIK POLSKIEGO STOWARZYSZENIA WYKONAWCÓW NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

ISSN 1734-1434

## STAWIAMY NA WIEDZĘ

Andrzej Wyszyński o zmianach  
w Polskim Stowarzyszeniu Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych

### Święto recyklingu

Nowe podejście do wykorzystania destruktu

### Jakość i cena kluczowe dla zarządców

Oczekiwania wobec producentów asfaltów

Analiza porównawcza kosztów  
środowiskowych budowy  
i eksploatacji drogi ekspresowej  
w technologii asfaltowej i betonowej

Wnioski z analizy LCA

## 20 LAT I JUBILEUSZOWE SEMINARIUM PSWNA

**NAWIERZCHNIE ASFALTOWE**

Kwartalnik  
Polskiego Stowarzyszenia  
Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

**ASPHALT PAVEMENTS**

Quarterly of the Polish Asphalt  
Pavements Association

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych  
działa od 1999 r.

Celem PSWNA jest promowanie nawierzchni asfaltowych, rozwój technologii nawierzchni podatnych, a także transfer wiedzy i informacji w środowisku drogowym w Polsce. Stowarzyszenie zrzesza osoby prawne i fizyczne zainteresowane rozwojem nawierzchni asfaltowych w Polsce.

**Wydawca**

Polskie Stowarzyszenie Wykonawców  
Nawierzchni Asfaltowych

**Skład zarządu**

Andrzej Wyszyński, prezes  
Adam Wojczuk, członek zarządu  
Ewelina Karp-Kręglińska, członek zarządu  
Jolanta Kasprzyk, członek zarządu  
Tomasz Przeradzki, członek zarządu  
Dawid Żymelka, członek zarządu

**Redakcja**

Anna Krawczyk, redaktor naczelna  
Danuta Kropiewnicka – redakcja i korekta

**DTP**

Joanna Bialecka-Rybacka – Green Flow  
Zdjęcie na okładce: Adobe Stock

Polskie Stowarzyszenie  
Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych  
Adres do korespondencji  
Aleje Jerozolimskie 155, U3  
02-326 Warszawa  
tel. +48 795 520 960  
e-mail: [biuro@pswna.pl](mailto:biuro@pswna.pl)  
[www.pswna.pl](http://www.pswna.pl)

ISSN 1734-1434

## Spis treści

### Nawierzchnie Asfaltowe nr 1(57)/2019

**4****Stawiamy na wiedzę**

Rozmowa z **Andrzejem Wyszyńskim**, prezesem Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych

**9****Święto recyklingu**

**Anna Krawczyk**

**10****Jakość i cena kluczowe dla zarządców**

**Marzena Zbierska**

**12****Analiza porównawcza kosztów środowiskowych budowy i eksploatacji drogi ekspresowej w technologii asfaltowej i betonowej**

**Dominika Łudzick, Piotr Jaskuła, Karolina Lisowska**

Misja Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych:

„Efektywne wspieranie wszelkich działań służących rozwojowi branży drogownictwa w Polsce, a w szczególności propagowanie nowoczesnych technologii, racjonalizacja przepisów prawnych i wytycznych technicznych, działalność edukacyjna i informacyjna”.



**R**ok 2019 jest dla naszego Stowarzyszenia bardzo szczególny. Obchodzimy jubileusz 20-lecia naszej działalności, a także po raz 40. spotkamy się na Seminarium. Już teraz zapraszamy Państwa na małą retrospekcję, która pozwoli zauważyć, jak dalece rozwinęła się technologia budowy dróg w Polsce od 1999 roku, kiedy to powołano do życia PSWNA.

Początki działalności nie były łatwe. Okazało się, że wydzielona z rejonów dróg krajowych sieć dróg powiatowych znajdowała się w bardzo złym stanie technicznym. Uwaga społeczna skupiana była wtedy wokół budowy dróg ekspresowych i autostrad. Mierzyliśmy się po raz pierwszy z projektami finansowanymi z pożyczek Banku Światowego czy programów przedakcesyjnych, takich jak ISPA. Powstawały obwodnice miast, a wiele zaplanowanych dróg było dopiero w fazie projektowania. Pojawiały się nowe wyzwania i przeciwności, m.in. problem koleinowania, który dotyczył nawet niektórych dróg nowo powstałej sieci.

Biorąc pod uwagę powyższe okoliczności, producenci nawierzchni asfaltowych stanęli przed koniecznością dopasowania rodzajów stosowanych asfaltów do coraz to bardziej zwiększających się obciążeń dróg i narastającego ruchu. Polska bowiem stała się krajem tranzytowym, łączącym Unię Europejską z Rosją. Innowacyjne technologie musiały odpowiadać na najpilniejsze potrzeby zarządców dróg oraz na potrzeby podróżujących nimi kierowców. Rosnąca świadomość społeczna wywarła duży wpływ na rozwój sieci dróg samorządowych. Kierowcy oczekiwali porównywalnej jakości nawierzchni na wszystkich pokonywanych trasach. Tutaj naprzeciw wyszły nowe technologie oraz finansowanie unijne, co pozwoliło samorządom szybciej modernizować sieć dróg.

Dzisiaj mamy już zbudowaną podstawową sieć połączeń, jednak niektóre problemy natury technicznej nadal pozostały. Dlatego tematem przewodnim naszego jubileuszowego 40. Seminarium będą „Ekonomiczne i techniczne aspekty budowy oraz utrzymania dróg w Polsce”. Odbędzie się ono w dniach 10–11 października br. w Pałacu w Łochowie.

Podczas spotkania przedstawimy perspektywę rozwoju drogownictwa na najbliższe pięć lat oraz nakreślimy, czym kierować się, wybierając technologie na realizowanych już bądź planowanych inwestycjach. Nie zabraknie tematów związanych z recyklingiem nawierzchni asfaltowych oraz sposobami zwiększania udziału destruktu. Przedstawimy także najkorzystniejsze technologie dla dróg samorządowych.

Już teraz zapraszamy Państwa do udziału w naszym jubileuszowym 40. Seminarium.

Z życzeniami milej lektury  
**Andrzej Wszyński**

# Stawiamy na wiedzę



---

Promocja innowacyjnych technologii asfaltowych, dialog i współpraca z administracją rządową i samorządowcami, a także upowszechnianie eksperckiej wiedzy to tylko niektóre wyzwania, jakie stoją przed Polskim Stowarzyszeniem Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych. O zmianach w organizacji pracy stowarzyszenia i planach na przyszłość z **ANDRZEJEM WYSZYŃSKIM**, prezesem zarządu PSWNA, rozmawia Marzena Zbierska.

---

**Rok 2019 rozpoczął się od zmian. Proszę powiedzieć, co zmieni się w organizacji Polskiego Stowarzyszenia Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych? Mam na myśli m.in. aktywność publiczną, badawczą itp.**

W tym roku obchodzimy 20-lecie naszej działalności. Przyszedł więc czas na dostosowanie działalności stowarzyszenia do zmieniającej się rzeczywistości. Pracujemy nad budowaniem silniejszych relacji z administracją drogową, chcemy aktywniej współpracować ze światem nauki, zintensyfikowaliśmy kontakty z zainteresowanymi firmami oraz zwiększyliśmy swoją obecność w mediach społecznościowych. To tylko wybrane, najważniejsze zmiany, jakie wprowadzamy w ramach działalności stowarzyszenia.

**Jak stowarzyszenie ma być postrzegane w branży drogowej?**

Stawiamy na intensywne promowanie stowarzyszenia jako organizacji propagującej nowe rozwiązania techniczne i wysoką jakość prac. Naszym zadaniem jest udzielanie wsparcia merytorycznego i dostarczanie najnowszej wiedzy wszystkim naszym członkom, którzy chcą nowoczesnie i sprawnie budować drogi z wykorzystaniem technologii asfaltowych.

**Ważny element działalności stowarzyszenia to seminaria. Czy coś zmieni się w organizacji i harmonogramie tych spotkań?**

Najbardziej istotną zmianą w kontekście naszej 20-letniej działalności jest fakt, że seminaria, poczynając od 2019 r.,

będą odbywały się raz do roku. To nie znaczy jednak, że ich dotychczasowa formuła się wyczerpała. Chcemy od tego roku postawić na szersze spektrum tematów, do których zaliczają się m.in.: debata nt. rozwoju drogownictwa w perspektywie następnych pięciu lat, rozwój technologii recyklingowych, wybór rodzaju nawierzchni na realizowanych inwestycjach czy też analizy całkowitego kosztu cyklu życia nawierzchni.

### **Jak będzie wyglądała bieżąca praca stowarzyszenia? Na jakich obszarach będzie się ona koncentrować w tym roku i najbliższych latach?**

Bieżąca praca w stowarzyszeniu to przede wszystkim działania statutowe Zarządu i Członków stowarzyszenia, ale również powołanych komisji, tj. Komisji emulsyjnej, Komisji ds. promowania i rozwoju technologii asfaltowych z wykorzystaniem granulatu oraz Komisji ds. promowania i rozwoju technologii asfaltowych dla dróg samorządowych.

Ponadto członkowie Zarządu PSWNA biorą aktywny udział w posiedzeniach Rady Ekspertów stworzonej przez Ministra Infrastruktury i Budownictwa. Jest to organ powołany do przygotowania ram i zasad działania Narodowego Forum Kontraktowego, którego celem jest opracowanie założeń i wzorów nowych umów w drogownictwie.

Nie ukrywam, że w bieżącej pracy stowarzyszenia stawiamy zdecydowanie na środowisko naukowe i jego wkład w działania Rady Naukowej przy PSWNA oraz w kolejne wydania kwartalnika „Nawierzchnie Asfaltowe”.

### **Jaka jest obecnie polityka stowarzyszenia wobec efektywnego wspierania wszelkich działań służących rozwojowi drogownictwa w Polsce? Jak to się będzie odbywało?**

Stowarzyszenie, poprzez aktywny udział we wszelkiego rodzaju inicjatywach, wspiera działania prorozwojowe. Jak już wspomniałem, przedstawiciele PSWNA aktywnie uczestniczą w pracach Komisji Ekspertów powołanej przez Ministra Infrastruktury. Jako stowarzyszenie byliśmy inicjatorami „Białej Księgi Drogownictwa”. Prowadzimy także własne działania wydawnicze, seminaryjne, techniczne i szkoleniowe. Udzielamy również wsparcia współpracującym z nami organizacjom, takim jak np. Ogólnopolska Izba Gospodarcza Drogownictwa czy Polski Związek Pracodawców Budownictwa.

### **Szczególnym zadaniem PSWNA jest propagowanie stosowania nowoczesnych rozwiązań w zakresie technologii asfaltowych. Co w tej kwestii udało się już osiągnąć? Proszę o podanie przykładu pozytywnych zmian, które są efektem działań stowarzyszenia.**

Na seminariach organizowanych przez PSWNA od wielu lat poruszane są tematy dotyczące wsparcia nowoczesnych rozwiązań stosowanych w technologiach asfaltowych. Dla przykładu przytoczę informację o zastosowaniu destruktu asfaltowego do produkcji nowej mieszanki mineralno-asfaltowej. Jeszcze 10–12 lat temu ten temat był mało znany, a w wielu

środowiskach drogowych wręcz nie do pomyślenia. Dzisiaj możemy powiedzieć, że stosowanie destruktu w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco stało się niemal powszechne. Wiele firm już dysponuje nowoczesnymi systemami dozowania destruktu. Do tej pory przeprowadzono wiele projektów badawczych związanych z tym tematem i niewątpliwie działalność informacyjna PSWNA w znacznym stopniu przyczyniła się do upowszechnienia wiedzy i dobrych praktyk w tym zakresie.

### **Chcemy od tego roku postawić na szersze spektrum tematów, do których zaliczają się m.in.: debata nt. rozwoju drogownictwa w perspektywie następnych pięciu lat**

### **Co jeszcze stanowi wyzwanie dla stowarzyszenia w kwestii innowacyjnych technologii? Z pewnością potrzebna jest tu współpraca wielu środowisk, a także strony publicznej.**

Chcemy nadal włączać się w propagowanie nowych technologii. Istotną rolą będzie wspólne, aktywne działanie stowarzyszenia z administracją drogową i środowiskiem naukowym, by identyfikować i likwidować bariery, które przeszkadzają we wprowadzaniu innowacji. Chcemy położyć szczególny nacisk na dialog z administracją drogową (szczególnie samorządową) w zakresie szerzenia wiedzy i dobrych praktyk związanych z technologiami asfaltowymi. Będziemy aktywnie działać przy tworzeniu dokumentów wprowadzających te technologie na polski rynek.

### **Proszę powiedzieć coś więcej o innowacjach w zakresie technologii asfaltowych. Jakie są obecnie trendy w tym zakresie?**

Technologie związane z nawierzchniami asfaltowymi ciągle podlegają udoskonaleniom. Trendy w zakresie rozwoju technologii wynikają zarówno z potrzeb użytkowników dróg, jak i administracji drogowej, która zarządza tą siecią dróg. Oczywiście wpływa na to również tak istotny czynnik jak ochrona środowiska. Kierunki rozwoju, jakie obserwujemy, są związane przede wszystkim ze wzrostem trwałości dróg, zwiększeniem udziału materiału pochodzącego z recyklingu starych nawierzchni przy wykonywaniu nowych. Recykling to ochrona naszych zasobów naturalnych, optymalizacja kosztów budowy i utrzymania sieci drogowej. Istotnymi wyzwaniami są ochrona środowiska i ograniczanie hałasu wywołanego ruchem z równoczesnym ograniczeniem „zaśmiecania krajobrazu” przez ekrany dźwiękochłonne. Jednym z wielu sposobów ochrony środowiska, który wiąże się z obniżeniem emisji, jest stosowanie technologii WMA i technologii emulsyjnych. Celem jest zwiększanie komfortu i bezpieczeństwa pojazdów. Każdy z tych tematów



Agnieszka Kędzierska, Komisja ds. promowania i rozwoju technologii asfaltowych dla dróg samorządowych

Celem komisji jest przede wszystkim promocja i rozwój technologii asfaltowych oraz podniesienie poziomu wiedzy z zakresu właściwości i możliwości zastosowań technologii asfaltowych wśród zarządców, a także administratorów dróg samorządowych. Chcemy to osiągnąć poprzez szkolenia, warsztaty i przygotowywanie opracowań skierowanych bezpośrednio do samorządowców. Planujemy też aktywne uczestnictwo przedstawicieli PSWNA w konwentach, podczas których będą oni informować o korzyściach płynących ze stosowania nawierzchni asfaltowych. Bardzo często to właśnie brak fachowej wiedzy jest przyczyną podejmowania niewłaściwych decyzji, co skutkuje niską jakością infrastruktury drogowej.

Chcemy skoncentrować się na doradztwie w zakresie doboru właściwych, zoptymalizowanych technologii, pozwalających w jak najlepszym stopniu wykorzystać istniejące w Polsce zasoby dla uzyskania trwałych dróg za rozsądne pieniądze.

W ostatnich latach technologie asfaltowe wykorzystywane do budowy i remontów dróg w Polsce bardzo ewoluowały, przede wszystkim w zakresie poprawy parametrów dróg: wydłużenia ich trwałości oraz zwiększenia nośności i odporności na działanie czynników klimatycznych. Chcemy zaszczyć samorządowcom sprawdzone i skuteczne rozwiązania, pokazywać dobre praktyki.

Kolejnym aspektem jest wykorzystywanie technologii ekologicznych o jak najmniejszym negatywnym wpływie na środowisko, a także o jak najmniejszym śladzie węglowym. Należą do nich m.in. technologie „na ciepło” czy też technologie wykorzystujące w dużym stopniu materiały z recyklingu. Ważnym zagadnieniem jest również poprawa jakości dróg samorządowych, szczególnie tych, które są wykonane w technologiach asfaltowych. Dotyczy to zarówno nowo budowanych dróg, jak również tych remontowanych. Sposobem na to jest upowszechnianie niezbędnych instrukcji technicznych, poradników, szerzenie dobrych praktyk oraz wsparcie techniczne w zakresie prawidłowego wykonania i kontroli jakości prac prowadzonych w tych technologiach. Przewidujemy, że konieczne może okazać się opracowanie nowych poradników i wytycznych dla dróg lokalnych. Planujemy zdiagnozować potrzeby w tym zakresie, stworzyć koncepcję przygotowania takich dokumentów i konsekwentnie ją realizować.

Zamierzamy inicjować oraz wspomagać prace studialne i badawcze, służące rozwojowi technologii asfaltowych na drogach samorządowych. Przewidujemy też powoływanie zespołów roboczych lub wykonawców indywidualnych do realizacji prac studialnych dla potrzeb komisji. Chcemy uzyskać efekt synergii dzięki współpracy firm zrzeszonych w PSWNA, ale również innych, które zechcą włączyć się do tych działań. Liczymy też na współpracę z Konwentem Dróg Powiatowych, OIGD i innymi organizacjami, którym zależy na rozwoju polskiej infrastruktury drogowej. Serdecznie zapraszamy do współpracy.

można by omawiać szczegółowo. Na co dzień zajmują się nimi komisje powołane w ramach naszego stowarzyszenia, a upowszechnianiu wiedzy o innowacyjnych technologiach asfaltowych służą publikacje. Chcemy, by nasz kwartalnik i nasze działania były związane z promowaniem innowacji i szerzeniem wiedzy o ich prawidłowym zastosowaniu.

**W ramach perspektywy finansowej 2015–2020 (a nawet do 2030 r.) GDDKiA rozdysponuje znaczne fundusze na drogi ekspresowe, w tym autostrady. Jednak wiadomo już, że w najbliższych latach rząd przeznaczy środki finansowe**

**również na drogi lokalne. Czy stowarzyszenie ma z tego powodu propozycję współpracy dla samorządów? Np. właśnie w zakresie upowszechniania wiedzy o innowacyjnych technologiach wśród zarządców dróg lokalnych.**

Tak, jedną z komisji, o których wspominałem wcześniej, jest Komisja ds. promowania technologii nawierzchni asfaltowych na drogach samorządowych. W ramach tej komisji chcemy wspólnie z samorządowcami wypracować zasady w zakresie promocji nowych technologii i szerzenia wiedzy w temacie dobrych praktyk oraz współpracować ściśle przy tworzeniu dokumentów technicznych związanych z nawierzchniami asfaltowymi.



Dawid Żymełka, Komisja emulsyjna:

**K**omisja emulsyjna to dobrowolne zrzeszenie firm, które wyraziły chęć podjęcia działań w zakresie propagowania technologii emulsyjnych w budownictwie drogowym. Chcemy dostosować się do nowych wyzwań, jakie stoją przed drogownictwem w Polsce, związanych z utrzymaniem rozbudowywanej od wielu lat infrastruktury drogowej. Na podstawie doświadczeń innych krajów europejskich widzimy, że technologie utrzymaniowe – takie jak powierzchniowe

utrwalenie czy cienkie dywaniki emulsyjne – rzetelnie wykonane przy użyciu emulsji asfaltowej mogą na wiele lat przedłużyć żywotność dobrze zaprojektowanej i wykonanej konstrukcji drogowej. Ponadto recykling na zimno z emulsją, czyli przetworzenie starych, wyeksploatowanych już warstw konstrukcji drogowej w nową, pełnowartościową warstwę podbudowy, jest doskonałą alternatywą dla dróg samorządowych na wykonanie ekonomicznych przebudów z poszanowaniem zasad ochrony środowiska. Uszkodzenia w nawierzchniach bitumicznych, jakie z reguły pojawiają się masowo wraz z nadejściem wiosny, mogą być efektywnie łatanie za pomocą technologii emulsyjnych, zarówno ręczną metodą prostą (zaprawy emulsyjne, mieszanki na zimno), jak i z pomocą specjalistycznych maszyn (patchery). Naszym celem jest przede wszystkim promocja rzetelnego wykonawstwa w zakresie technologii emulsyjnych oraz działalność informacyjna. Komisja emulsyjna skupia ludzi, którzy mają bezpośredni kontakt z wykonawstwem i ogromne doświadczenie w tym zakresie. Możemy również liczyć na wsparcie naukowców z tej dziedziny.

Cele szczegółowe na najbliższy czas, jakie postawiliśmy przed komisją, to przygotowanie opisów technologii emulsyjnych, ich zalet i wad oraz zasad przechowywania i transportu emulsji. Chcemy, żeby te podstawowe informacje zamieszczone na stronie internetowej PSWNA przekonały szerokie grono pracowników administracji drogowej do stosowania technologii emulsyjnych. Następnym krokiem będzie przygotowanie wzorcowych dokumentów technicznych, takich jak specyfikacje techniczne związane z wykonaniem robót z użyciem emulsji asfaltowej. Obecnie na rynku krąży wiele wersji takich specyfikacji, przy czym sporo z nich zawiera błędy oraz sprzeczne zapisy. Chcielibyśmy, żeby wynikiem prac Komisji emulsyjnej było powstanie rzetelnej, ogólnodostępnej bazy informacji o emulsji asfaltowej i jej zastosowaniu.

**Jak czytamy na stronie PSWNA, drogi samorządowe w Polsce stanowią aż 95 proc. wszystkich dróg publicznych. Ich łączna długość wynosi ok. 400 tys. km. Nie sposób przeczytać porównania tej liczby do średniej odległości między Ziemią a Księżycem, która wynosi 384 400 km. To rzeczywiście zapada w pamięć i pokazuje, jak ważne są drogi lokalne. Jak Pan ocenia jakość dróg samorządowych w Polsce? Czy na poprawę ich stanu potrzeba kosmicznych nakładów finansowych, czy mają tu znaczenie również inne czynniki?** Drogi samorządowe są w dramatycznym stopniu niedofinansowane. Ten trend utrzymuje się od wielu lat. Mówię tu przede wszystkim o drogach powiatowych i gminnych. Nawet najbardziej profesjonalna kadra zarządzająca drogami samorządowymi niewiele zdziała przy braku stałego dofinansowania na remonty i modernizacje. W takim systemie trudno jest zaplanować długofalowy proces przebudowy

wy i utrzymania danego odcinka drogi, ponieważ większość dostępnych środków finansowych jest zazwyczaj przeznaczana na „gaszenie pożarów”, czyli na remonty odcinków, które są w krytycznym stanie.

Ze względu na stale wzrastający ruch pojazdów, również na drogach samorządowych, znaczna część tej sieci dróg wymaga przebudowy i wzmocnienia konstrukcji, a to z całą pewnością będzie się wiązało z ogromnymi nakładami finansowymi, które wcześniej czy później nasze państwo musi ponieść.

**Na koniec proszę powiedzieć, w jakim kierunku będzie podążać PSWNA w najbliższych latach? Czy dalej będzie się zmieniać strategia działania i od czego będzie ona uzależniona?** Działania, które planujemy zrealizować w najbliższych latach, są oparte na dwóch filarach. Pierwszy to szerzenie wiedzy



Ewelina Karp-Kręglicka, Komisja ds. promowania i rozwoju technologii z wykorzystaniem granulatu:

Z inicjatywy firm zrzeszonych w Polskim Stowarzyszeniu Wykonawców Nawierzchni Asfaltowych (PSWNA) Zarząd PSWNA podjął uchwałę o powołaniu Komisji ds. promowania i rozwoju technologii asfaltowych z wykorzystaniem granulatu. Granulat asfaltowy jest pełnowartościowym materiałem, który można stosować w nawierzchniach bitumicznych, zastępując nim kruszywo naturalne. Problem polega na tym, że w Polsce obowiązują restrykcyjne regulacje, które umożliwiają wykorzystanie granulatu jedynie w ograniczonej ilości. W ramach działań komisji chcemy propagować rozwiązania, które przewidują wykorzystanie zwiększonej ilości granulatu w nawierzchniach mineralno-asfaltowych, oczywiście wyłącznie przy zachowaniu parametrów funkcjonalnych oraz cech fizycznych mieszanek, które muszą być spełnione zgodnie z kontraktem.

w zakresie technik bitumicznych (np. nawierzchnie utylizujące zanieczyszczenia czy hałas). Drugim jest pełnienie roli eksperckiej i doradczej we współpracy z samorządami, instytucjami, firmami drogowymi oraz administracją. Ponadto, chcemy brać udział w tworzeniu nowych przepisów prawnych (opiniowanie projektów), uregulowań kontraktowych oraz wytycznych technicznych. Wspieramy środowisko drogowe

W Polsce mamy już przykład projektu realizowanego przez Budimex, w którym granulatu asfaltowego został zastosowany na poziomie do 70 proc. z bardzo dobrym wynikiem pod względem jakości gotowego produktu, czyli nawierzchni mineralno-asfaltowej. Cechy funkcjonalne nawierzchni zostały potwierdzone doświadczalnie przez Budimex, a projekt był prowadzony wraz z Politechniką Warszawską i pod nadzorem Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Obecnie przed producentami mieszanek mineralno-asfaltowych oraz przed wykonawcami stoją wyzwania związane z nadchodzącymi nieuchronnie zmianami na polskim rynku drogowym. Dotyczą one nie tylko kolejnych projektów nowych dróg, ale także remontów istniejącej sieci drogowej, która była intensywnie rozbudowywana na szczeblu krajowym i samorządowym od 2004 roku.

W kontekście tego typu potrzeb rynkowych największym wyzwaniem dla producentów i wykonawców nawierzchni mineralno-asfaltowych jest przekonanie administracji drogowej wszystkich szczebli co do tego, że użycie technologii z powtórnie odzyskanym materiałem z nawierzchni asfaltowych jest jedną z najkorzystniejszych ekologicznie i ekonomicznie opcji dla planowanych zabiegów remontowych, a także budowy nowych dróg.

Komisja, jako podstawę swojej działalności, chce przyjąć szeroko pojęte działania związane z rozwojem oraz propagowaniem i promocją wiedzy o produkcji i wykonaniu nawierzchni z użyciem granulatu asfaltowego. Działania te będą prowadzone m.in. poprzez: opracowanie instrukcji dotyczących produkcji i wykonawstwa z technologią granulatu „na zimno” i „na gorąco”, działalność informacyjno-szkoleniową skierowaną do biur projektowych oraz zarządców dróg wszystkich szczebli i kategorii, publikację materiałów dotyczących mieszanek mineralno-asfaltowych z granulatem asfaltowym.

Budowa nowych dróg często wywiera znaczący wpływ na środowisko naturalne. W sektorze budownictwa drogowego rośnie świadomość ekologiczna, która powinna przyczynić się do minimalizacji użycia zasobów naturalnych, tj. w głównej mierze kruszyw. Naszym zadaniem będzie upowszechnianie stosowania granulatu, zachęcanie do podejmowania takich działań, a nie ograniczanie jego udziału w powstających nawierzchniach.

i wszystkich zainteresowanych dostępem do wiedzy eksperckiej zarówno poprzez nasze seminaria techniczne – najbliższe będzie już 40. – jak i publikacje na łamach kwartalnika „Nawierzchnie Asfaltowe”. Funkcjonujemy już 20 lat i mam nadzieję, że przed nami co najmniej kolejne 20 lat działalności.

**Tego Państwu życzę i dziękuję za rozmowę.**



# Święto recyklingu

W dniach 6–8 marca br. odbyły się Dni Recyklingu Ammann, związane z obchodami jubileuszu 150-lecia innowacyjności firmy. W wydarzeniu wzięli udział zarówno przedstawiciele administracji drogowej, jak i producenci mieszanek mineralno-asfaltowych.

## Anna Krawczyk

Liczba wytwórni mas bitumicznych wyposażonych w urządzenia do dodawania przetworzonego destruktu asfaltowego wzrasta z roku na rok. W Polsce przeważającą większość stanowią jednak urządzenia pozwalające na dozowanie destruktu na zimno.

– Polscy producenci mas mineralno-asfaltowych posiadają spore doświadczenie w tej technologii, ale znają również jej ograniczenia, wynikające chociażby z konieczności podgrzewania kruszywa i wydzielającej się przy tym pary wodnej – poinformował Andreas Kowalski, dyrektor sprzedaży z Ammann na region Polski.

Czynniki te powodują, że możliwości dozowania granulatu (w zależności od jego wilgotności) ograniczają się zaledwie do 25 proc. Jednak konieczność optymalizacji kosztów produkcji skłania producentów mas do sięgnięcia po droższe rozwiązanie, jakim jest zastosowanie przy WMB dodatkowego dozownika w technolo-

gii na gorąco – za pomocą tzw. bębna równoległego.

– Rozwiązania te są bardzo popularne u naszych sąsiadów z UE. Kraje takie jak Niemcy, Belgia, Holandia, Austria czy Szwajcaria już od dawna stosują tę technologię i mają bardzo dobre efekty. Teraz czas na Polskę. Poczuliśmy się niemalże w obowiązku, aby spopularyzować naszą wiedzę i doświadczenia z innych krajów na rodzimym rynku – dodaje A. Kowalski.

Ograniczeniem są zapisy w przepisach technicznych, które limitują zastosowanie przetworzonego destruktu. Jednak rynek wymusza stosowanie nowoczesnych technologii – firmy dążą to tego, by obniżyć koszty produkcji i stać się bardziej konkurencyjne.

– Na drogownictwo należy patrzeć przede wszystkim pod kątem ochrony środowiska. U nas stosowanie asfaltów o obniżonej temperaturze dopiero raczkuje, a w innych krajach już dawno zauważono jego zalety – podkreśla Kowalski.

Zdaniem organizatorów spotkania, popularyzacji technologii ekologicznych sprzyjałyby zachęty dla inwestorów lub nawet wymuszenie ich stosowania. Tak dzieje się w Niemczech, gdzie wykonawca zobowiązany jest do maksymalnego dodawania granulatu do produkowanej masy.

– W Polsce musimy stworzyć możliwości, czyli regulacje prawne i wytyczne techniczne. Chociażby po zainteresowaniu naszym wydarzeniem widzimy chęć współpracy ze strony oddziałów



Wystąpienie Andreeasa Kowalskiego

Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Powinniśmy zmierzać do tego, aby destruktu nie był marnotrawiony. Namawiałbym także do stosowania odcinków testowych – podsumowuje Andreas Kowalski.

Zainteresowanie wydarzeniem potwierdza konieczność organizowania tego typu szkoleń i wyjaśniania kwestii, które wcale nie są oczywiste. Podczas tych trzech dni przekazano najnowsze informacje o wykorzystywanych aktualnie w Europie Zachodniej technologiach i technikach stosowanych w WMB. Główny nacisk położono na badanie, przechowywanie oraz przetwarzanie destruktu asfaltowego na granulatu.

Organizator zapowiada kontynuowanie organizacji eventu w przyszłości z uwagi na bardzo pozytywny odzew.

– Wiele osób gratulowało nam, twierdząc, że dużo wynieśli, a dyskusje były bardzo konstruktywne. Planujemy organizować Dni Ammanna co roku, a ich zakres tematyczny będzie dostosowany do aktualnych potrzeb – zapowiada Andreas Kowalski. ■



# Jakość i cena kluczowe dla zarządców

Dobra jakość asfaltów drogowych i stabilna polityka cen to najważniejsze postulaty zarządców dróg wobec producentów. Zastosowanie technologii asfaltowych jest powszechne na polskich drogach, ale rzetelna ocena kosztów tych inwestycji – także eksploatacyjnych – będzie możliwa dopiero za wiele lat.

**Marzena Zbierska**

Jak podkreśla Adam Czerwiński, przewodniczący Krajowej Rady Zarządców Dróg Powiatowych, zarządcy dróg są zainteresowani każdą technologią, która po pierwsze, zapewni trwałość wykonywanych robót drogowych, a po drugie, będzie atrakcyjna cenowo.

## W sąsiedztwie infrastruktury

– Jak wiadomo, budżety powiatów są bardzo ograniczone w odniesieniu do wydatków na drogi krajowe, a zatem każda nowa koncepcja, która zapewni niższe koszty niż technologie wykorzystywane dotychczas, będzie akceptowana – zapewnia Adam Czerwiński. – Stosujemy różne technologie, jednakże kiedy realizujemy nowe inwestycje, sięgamy po rozwiązania stosowane w kraju, czyli np. ciche asfalty.

Jeśli chodzi o naprawy, to dominują technologie asfaltowe. Podobnie jest w przypadku, gdy drogi powiatowe sąsiadują z zabudową, a zatem są narażone na to, że obiekty w sąsiedztwie pasa drogowego muszą być podłączane do sieci różnych urządzeń infrastruktury, często zlokalizowanej w pasie drogowym. Wtedy również sprawdza się technologia asfaltowa.

– W takich przypadkach asfalt daje możliwość dość elastycznego wyrównywania ubytków nawierzchni zwią-

zanych z rozbudową infrastruktury – tłumaczy Adam Czerwiński. – Jest to technologia, która wydaje się trwała i korzystna w zastosowaniu na drogach powiatowych, a choćby z powodu specyfiki tych dróg – łatwiejsza i tańsza od technologii betonowych w odniesieniu do uzupełnień i napraw nawierzchni.

## Asfalt kontra beton

Budowa drogi w technologii betonowej w warunkach dróg powiatowych, które są drogami lokalnymi, często bez połączeń alternatywnych, wymagałaby przede wszystkim wyznaczenia objazdów w okresie jej trwania, bo beton musi uzyskać minimalną wytrzymałość.

– Jeśli poddamy go od razu obciążeniom ruchu drogowego, to popęka i nawierzchnia nie będzie trwała – wyjaśnia Adam Czerwiński. – Wprawdzie nawierzchnia betonowa jest kosztowniejsza w budowie, ale w okresie eksploatacji pojawia się mniej problemów związanych z naprawami kapitalnymi. Jednak trzeba się liczyć z tym, że szczeliny dylatacyjne również wymagają pielęgnacji, muszą być wypełnione materiałem elastycznym, który po kilku latach eksploatacji wymaga wymiany. W praktyce, w przypadku krótkich odcinków dróg, np. w sąsiedztwie terenów zalewowych, sto-

sujemy nawierzchnie betonowe, bo gwarantują większą wytrzymałość na wypadek zalania – w sytuacji, gdy na nawierzchni będzie się utrzymywało nawet kilkanaście centymetrów wody, nie ulegnie ona zniszczeniu.

Technologie asfaltowe są wykorzystywane do napraw bieżących nawierzchni (asfaltowych, a takich jest większość na drogach powiatowych) oraz do „remontów cząstkowych” po zimie. W tym przypadku stosuje się głównie masy na zimno, emulsje asfaltowe i grysy, które pozwalają uszczelnić nawierzchnię.

– Technologia powierzchniowego utrwalania wykorzystywana do remontów nawet w okresie jesiennym skutkuje tym, że na zimę drogi uzyskują szczelną nawierzchnię, woda nie penetruje w głąb warstw i udaje się uniknąć znacznych zniszczeń oraz dużych ubytków nawierzchni w okresie wiosennym – dodaje Adam Czerwiński.

## Koniunktura winduje ceny

Zbigniew Tabor, dyrektor Zarządu Dróg Wojewódzkich w Katowicach, przewodniczący Konwentu Dyrektorów Zarządców Dróg Wojewódzkich, dzieli się swoimi spostrzeżeniami dotyczącymi asfaltów drogowych i modyfikowanych.



Remont drogi wojewódzkiej nr 789 w województwie śląskim



– W ostatnich latach pogorszyła się jakość zwykłych asfaltów drogowych, zatem zaprzestaliśmy ich stosowania – wyjaśnia. – Wykorzystujemy asfalty modyfikowane i wysokomodyfikowane. W przypadku asfaltów modyfikowanych uzyskujemy zwiększoną odporność na koleinowanie w wy-

sokich temperaturach, niższe temperatury spękań nawierzchni, a co najważniejsze, występuje duży nawrót sprężysty.

Doświadczenia ZDW w Katowicach pokazują, że warstwa ścieralna wykonana z asfaltu modyfikowanego ma trwałość ok. 15 lat, a z asfaltu niemodyfikowanego – do 10 lat. Jakość

stanowi podstawowe kryterium oceny stosowanych technologii, ale w przypadku zamówień publicznych ważna jest również cena. Jakże wobec tego są oczekiwania wobec rafinerii?

– Ceny lepszycy nie powinny gwałtownie rosnąć w sytuacji, kiedy realizowanych jest dużo inwestycji infrastrukturalnych – postuluje Zbigniew Tabor. – Obecnie występuje duża zależność między ceną a ilością prowadzonych robót. Tak było również w okresie boomu inwestycyjnego poprzedzającego Euro 2012 i tak jest w tej chwili, kiedy realizowane są programy unijne. Należałoby zastosować bardziej stabilną politykę cen, bo przecież inwestorzy drogowi to w zdecydowanej większości inwestorzy publiczni, którzy wydają środki budżetowe. Rafinerie również są państwowe, dlatego wzrosty cen związane z koniunkturą w budowie dróg publicznych są mało zrozumiałe.

Jak podkreśla Zbigniew Tabor, wyższe ceny znacząco ograniczają możliwości inwestycyjne samorządów. Ponadto z uwagi na ograniczone budżety samorządów producenci powinni poprawić jakość zwykłych asfaltów drogowych.

– Nawierzchnie wykonywane z asfaltów drogowych wytrzymują znacznie krótszy okres użytkowania, niż to było 20 lat temu – dodaje. – Niestety rafinerie przestały produkować asfalty wielorodzajowe, które były doskonałym materiałem.

Trudno o jednoznaczną odpowiedź na pytanie, czy technologie asfaltowe są korzystniejszym i tańszym rozwiązaniem, choć są częściej wykorzystywane niż betonowe. Jak zauważa Zbigniew Tabor, ocena całkowitych kosztów budowy drogi w technologii betonowej – i porównanie ich z technologią asfaltową – w praktyce powinna oznaczać analizę całego cyklu życia drogi, czyli od wykonania do jej kompletnej przebudowy, a w przypadku Polski będzie to możliwe za kilkadziesiąt lat. ■

**Summary:**

The article presents a description of a comparative analysis of environmental costs of construction and operation of an expressway in asphalt and concrete technology. The study was based on the LCA (Life Cycle Assessment) analysis. As the assumptions, the pavement construction variants developed for the planned S6 express road on the Lębork section (along with the Lębork borough) – Tricity's Bypass, as well as three maintenance scenarios defined in various countries around the world with the conditions closest to Poland. After the calculations were made, the final conclusions of the LCA analysis were formulated by comparing the received environmental costs throughout the life cycle of susceptible and rigid pavements.

# Analiza porównawcza kosztów środowiskowych budowy i eksploatacji drogi ekspresowej w technologii asfaltowej i betonowej

## CZĘŚĆ 1\*

W artykule przedstawiono opis analizy porównawczej kosztów środowiskowych budowy i eksploatacji drogi ekspresowej w technologii asfaltowej i betonowej. Do przeprowadzenia badania wykorzystano analizę LCA (ang. Life Cycle Assessment). Jako założenia przyjęto warianty konstrukcji nawierzchni opracowane dla planowanej drogi ekspresowej S6 na odcinku Lębork (wraz z obwodnicą Lęborka) – obwodnica Trójmiasta, a także trzy scenariusze utrzymaniowe określone w różnych państwach na świecie o warunkach najbardziej zbliżonych do Polski. Po wykonaniu obliczeń sformułowano ostateczne wnioski analizy LCA poprzez porównanie otrzymanych kosztów środowiskowych w całym cyklu życia nawierzchni podatnych i sztywnych. Przedstawioną analizę opracowano na podstawie obronionej na Politechnice Gdańskiej pracy dyplomowej zrealizowanej w 2016 r.

**Dominika Łudzik, Piotr Jaskuła, Karolina Lisowska**

Dbanie o środowisko naturalne dotyczy wielu dziedzin działalności człowieka, w tym m.in. budownictwa drogowego. Niestety w Polsce często podczas planowania inwestycji drogowej wariant konstrukcji nawierzchni wybierany jest tylko na podstawie kosztów budowy.

### 1. WPROWADZENIE

Inwestor nie bierze pod uwagę wpływu na środowisko danego wariantu. Natomiast odpowiednim działaniem przy analizie kosztów inwestycji jest wzięcie pod uwagę nie tylko etapu samej budowy, ale i późniejszego utrzymania i eks-

ploatacji nawierzchni. Okres życia nawierzchni powinien być analizowany również pod kątem emisji zanieczyszczeń i zużycia energii związanej z budową i późniejszymi remontami dla poszczególnego wariantu konstrukcji nawierzchni. Dlatego też rozstrzygającym czyn-

nikiem, oprócz jakości i kosztów danego wariantu, powinna być również wielkość wpływu danej inwestycji na środowisko naturalne z uwzględnieniem całego okresu życia drogi.

Metodą, która może być wykorzystana do porównawczej analizy środowiskowej, jest analiza LCA (ang. Life Cycle Assessment, czyli „ocena cyklu życia”) ujęta w trzech dokumentach normalizacyjnych (PN-EN ISO 14040:2009, PN-EN ISO 14044:2009, PKN-ISO/TR 14047:2006). Pozwala ona na określenie w sposób ilościowy wpływu porównywanych technologii na środowisko naturalne. Przykładem jest ilość emitowanego do atmosfery dwutlenku węgla w całym cyklu życia systemu wyrażona w kilogramach. Taka własność zdecydowanie wyróż-

nia LCA na tle innych metod oceny wpływu na środowisko (1, 2, 3). Przy jej wykonywaniu uwzględnia się cały cykl życia badanego wariantu – od pozyskania potrzebnych do produkcji surowców poprzez proces budowy, utrzymania i użytkowania do momentu składowania lub ponownego wykorzystania odpadów. Analizowane są wszystkie elementy i procesy, które mogą wpływać na środowisko. Dzięki takiemu podejściu można dokonać wyboru wariantu, który będzie generował najmniejsze koszty środowiskowe i najbardziej ograniczy wpływ przedsięwzięcia na środowisko również w późniejszym czasie (1, 4, 5).

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyników analizy LCA – oceny kosztów środowiskowych wykonanej dla nawierzchni

asfaltowej i betonowej. Analiza została przeprowadzona dla projektów konstrukcji nawierzchni podatnej i sztywnej opracowanych dla planowanej drogi ekspresowej S6 na odcinku Lębork (wraz z obwodnicą Lęborka)–obwodnica Trójmiasta, potocznie zwanej Trasą Kaszubską.

## 2. ZAŁOŻENIA DO ANALIZY

Do analizy przyjęto nawierzchnię podatną jako konstrukcję składającą się z trzech warstw asfaltowych (warstwa ścieralna z mieszanki mastyksowo-grysowej SMA, warstwa wiążąca z betonu asfaltowego, warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego) oraz podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3. Dolną warstwą konstrukcji jest warstwa podbudowy pomocniczej z mieszanki



Proces jednostkowy – BUDOWA NAWIERZCHNI	Jedn.	Ilość
Wykonanie nacięć podłużnych i poprzecznych na 1/3 grubości płyty betonowej i uszczelnienie wkładką poliuretanową lub kordem oraz masą zalewową	m <sup>2</sup>	10 000
Wykonanie warstwy ścieralnej o grubości 26 cm z betonu cementowego nawierzchniowego C35/45 wraz z wprowadzeniem do warstwy kotew co 100 m (średnica 20 mm, długość 800 mm, obszar środkowy pokryty powłoką z polimeru) i dybli co 25 m (średnica 25 mm, długość 500 mm, połowa długości pokryta powłoką z polimeru)	m <sup>2</sup>	10 000
• Produkcja betonu cementowego nawierzchniowego C35/45 do warstwy ścieralnej	t	6 370
• Ułożenie warstwy nawierzchniowej z betonu cementowego wraz z kotwami i dyblami, wliczając ich produkcję ze stali	m <sup>2</sup>	10 000
Ułożenie warstwy poślizgowo-filtracyjnej z geowłókniny	m <sup>2</sup>	10 000
• Produkcja geowłókniny do warstwy poślizgowo-filtracyjnej	m <sup>2</sup>	10 000
Wykonanie podbudowy zasadniczej o grubości 19 cm – mieszanka związana cementem C8/10	m <sup>2</sup>	11 190
• Produkcja mieszanki kruszywa do warstwy podbudowy zasadniczej	t	4549,85
• Rozłożenie mieszanki związanej cementem jako warstwy podbudowy zasadniczej	t	4549,85
• Stabilizacja cementem warstwy podbudowy zasadniczej	m <sup>2</sup>	11 190
• Zagęszczenie warstwy podbudowy zasadniczej	m <sup>2</sup>	11 190

Tab. 4.1. Przyjęte procesy jednostkowe dla nawierzchni sztywnej – etap budowy nawierzchni

związanej spoiwem hydraulicznym C5/6 (6).

Konstrukcja nawierzchni sztywnej składa się z płyty betonowej kotwionej i dyblowanej z podbudową zasadniczą z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C8/10. Pomiędzy warstwą nawierzchniową z betonu cementowego a podbudową zasadniczą występuje warstwa poślizgowa z geowłókniny. Jako dolną warstwę konstrukcji przyjęto warstwę podbudowy pomocniczej z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C5/6, taką samą jak w przypadku nawierzchni podatnej (6).

Oprócz odpowiednich konstrukcji nawierzchni przyjęto trzy scenariusze utrzymaniowe, czyli harmonogramy wykonywania remontów i zabiegów utrzymaniowych na danej drodze. Dzięki temu badanie można było wykonać w całym cyklu życia nawierzchni. W Polsce

nie istnieją odpowiednie dokumenty techniczne lub poradniki, które opisywałyby takie scenariusze utrzymaniowe, dlatego też do analizy zostały wybrane harmonogramy ze stanu Minnesota (USA), Francji i Szwajcarii, gdzie warunki były najbardziej zbliżone do polskich (7, 8, 9, 10).

Do przeprowadzenia analizy należało przyjąć założenia i uproszczenia wynikające z dużego zakresu budowy drogi:

- Okres projektowy obu rozpatrywanych wariantów to 30 lat, jednak z uwagi na konieczność zawarcia w okresie analizy przynajmniej jednego remontu lub przebudowy nawierzchni analizę oceny cyklu życia wykonano dla 50 lat.
- Analizę przeprowadzono dla odcinka o długości 1 km jednej z dwóch dwupasowych jezdni. Założono, że fragment jest od-

cinkiem prostym i częścią drogi o długości ok. 20 km.

- Szerokość jezdni to 10 m. Wartość zawiera szerokość pasów ruchu (2 x 3,5 m), pasa awaryjnego (2,5 m) oraz opaski (0,5 m).
- Podczas analizy pominięto:
  - elementy wspólne dla obu wariantów (np. roboty ziemne, poboczne gruntowe, odwodnienie, prace wykończeniowe typu malowanie znaków poziomych),
  - bieżące utrzymanie nawierzchni (np. koszenie poboczy),
  - użytkowanie nawierzchni, czyli m.in. wpływ komunikacyjny,
  - doprowadzenie podłoża gruntowego do grupy nośności G1 o E2 120 MPa,
  - wpływ na środowisko transportu materiałów,
  - porównanie kosztów środowiskowych w produkcji asfaltu vs. cementu (działanie zakładów produkcyjnych takich jak rafinerie czy cementownie).
- Zakłada się, że wszystkie materiały są nowe, nie wykorzystuje się materiałów z recyklingu.

### 3. ANALIZA LCA

Wykonanie analizy LCA zgodnie z metodologią opisaną w normach ISO obejmuje:

1. określenie celu i zakresu,
2. analizę zbioru wejść i wyjść – LCI (ang. Life Cycle Inventory),
3. ocenę wpływu cyklu życia – LCIA (ang. Life Cycle Impact Assessment),
4. interpretację wyników.

#### 3.1. Cel i zakres analizy

Celem jest liczbowe określenie oddziaływania odcinka drogi ekspresowej o długości 1 km na środowisko naturalne w dwóch wariantach – konstrukcja podatna i sztywna. Poszczególne warianty nawierzchni zostaną rozpatrzone w przyjętych trzech różnych scenariuszach utrzymaniowych określonych dla poszczególnych państw.

Rok	Proces jednostkowy – UTRZYMANIE NAWIERZCHNI	Jedn.	Ilość
<b>SCENARIUSZ – STAN MINNESOTA</b>			
3	Wymiana masy zalewowej w 5% szczelin poprzecznych i podłużnych	m <sup>2</sup>	500
7	Uzupełnienie szczelin mieszanką kruszywowo-emulsyjną (ang. <i>Chip Seal Coat</i> ) wzdłuż 1% szczelin poprzecznych i podłużnych	m <sup>2</sup>	100
15	Naprawa na całą grubość płyty razem z wymianą całych płyt (5% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	500
	• Usunięcie uszkodzonych płyt	m <sup>2</sup>	500
	• Wykonanie nowych płyt razem z wymianą dybli i kotew	m <sup>2</sup>	500
20	Uszorstnienie nawierzchni (ang. <i>grinding</i> ) (23% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	2300
23	Wymiana masy zalewowej w 10% szczelin poprzecznych i podłużnych	m <sup>2</sup>	1000
27	Uzupełnienie szczelin mieszanką kruszywowo-emulsyjną (ang. <i>Chip Seal Coat</i> ) wzdłuż 2% szczelin poprzecznych i podłużnych	m <sup>2</sup>	200
35	Naprawa na całą grubość płyty razem z wymianą całych płyt (8% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	800
	• Usunięcie uszkodzonych płyt	m <sup>2</sup>	800
	• Wykonanie nowych płyt razem z wymianą dybli i kotew	m <sup>2</sup>	800
40	Uszorstnienie nawierzchni (ang. <i>grinding</i> ) (68% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	6800
<b>SCENARIUSZ – FRANCJA</b>			
5	Wymiana masy zalewowej szczelin poprzecznych	m <sup>2</sup>	10000
9	Ułożenie bardzo cienkiej warstwy ścieralnej (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10000
17	Ułożenie bardzo cienkiej warstwy ścieralnej (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10000
25	Frezowanie (60% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	6000
	Ułożenie warstwy z podbudowy asfaltowej o grubości 15 cm (60% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	6000
	• Produkcja mieszanki AC	t	2205
	• Rozłożenie warstwy podbudowy	t	2205
	• Zagęszczenie warstwy podbudowy	m <sup>2</sup>	6000
	Ułożenie bardzo cienkiej warstwy ścieralnej (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10000
33	Frezowanie (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4000
	Ułożenie warstwy z podbudowy asfaltowej o grubości 15 cm (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4000
	• Produkcja mieszanki AC	t	1470
	• Rozłożenie warstwy AC	t	1470
	• Zagęszczenie warstwy AC	m <sup>2</sup>	4000
	Ułożenie bardzo cienkiej warstwy ścieralnej (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10000
41	Naprawa wierzchniej warstwy nawierzchni (40% powierzchni jezdni) – cienki dywanik na gorąco	m <sup>2</sup>	4000
	Ułożenie warstwy z AC o grubości 6 cm (60% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	6000
	• Produkcja mieszanki AC	t	882
	• Rozłożenie warstwy AC	t	882
	• Zagęszczenie warstwy AC	m <sup>2</sup>	6000
<b>SCENARIUSZ – SZWAJCARIA</b>			
30	Wymiana odsłoniętego kruszywa z warstwą betonu poniżej (wymiana płyt – 100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10000
	• Usunięcie uszkodzonych płyt	m <sup>2</sup>	10000
	• Wykonanie nowych płyt razem z wymianą dybli i kotew	m <sup>2</sup>	10000

Tab. 4.2. Przyjęte procesy jednostkowe dla nawierzchni sztywnej – etap utrzymania nawierzchni

W tabelach 4.1–4.4 przedstawiono wszystkie przyjęte procesy jednostkowe dla poszczególnych rodzajów nawierzchni. Są to etapy prac oraz produkcje materiałów użytych do budowy i utrzymania alternatywnych rodzajów nawierzchni dla jednej jezdni o szerokości 10 m na odcinku o długości 1 km.

### 3.2. Analiza zbioru wejść i wyjść – LCI

Na etapie LCI zostały określone tabele inwentarzowe dla nawierzchni podatnej i sztywnej. Zawierają one dane wejściowe i wyjściowe odnoszące się do procesów przedstawionych w tabelach 4.1–4.4. Dane środowiskowe dla poszczególnych procesów jednostkowych zostały pozyskane z europejskich i amerykańskich raportów (11–15) wydanych przez naukowe instytucje i stowarzyszenia.

Dane wejściowe obejmują:

- Zużycie energii pochodzące ze źródeł takich jak węgiel, ropa, gaz ziemny, paliwa z biomasy, torf, uran, energia wodna;
- Zużycie materiałów takich jak bitum, skały, żwir i piasek, żelazo, wapień.

Dane wyjściowe dotyczą:

- Emisji do powietrza: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, CH<sub>4</sub>, VOC, NMVOC, N<sub>2</sub>O, pyły;
- Emisji do wody: BOD, COD, fosfor, azot, HC, ropa, fenol;
- Odpadów składowanych i niebezpiecznych odpadów chemicznych;
- Odpadów radioaktywnych (bardzo-, średnio- i niskoaktywne);
- Dawki promieniującej.

Wykorzystując określone ilości poszczególnych procesów opisanych w tabelach 4.1–4.4 dla 1 km odcinka drogi ekspresowej o szerokości 10 m oraz zebrane ze źródeł dane jednostkowe, obliczono dane wejściowe i wyjściowe dla konkretnych elementów budowy i trzech założonych scenariuszy utrzymania.

Proces jednostkowy – BUDOWA NAWIERZCHNI	Jedn.	Ilość
Uszczelnienie boczne warstw asfaltowych gorącym asfaltem (4,0 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	382
• Produkcja gorącego asfaltu do uszczelnień bocznych warstw asfaltowych	t	1,528
Wykonanie warstwy ścieralnej o grubości 4 cm – SMA 11 PmB 45/80-55	m <sup>2</sup>	10 040
• Produkcja SMA 11 PmB 45/80–55 do warstwy ścieralnej	t	984
• Rozłożenie warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
• Zagęszczenie warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
Skropienie warstwy wiążącej modyfikowaną kationową emulsją asfaltową C60BP3 ZM	m <sup>2</sup>	10 080
Wykonanie warstwy wiążącej o grubości 8 cm – AC 16W PmB 25/55–60	m <sup>2</sup>	10 160
• Produkcja AC 16W PmB 25/55–60 do warstwy wiążącej	t	1 991
• Rozłożenie warstwy wiążącej	m <sup>2</sup>	10 160
• Zagęszczenie warstwy wiążącej	m <sup>2</sup>	10 160
Skropienie podbudowy z AC modyfikowaną kationową emulsją asfaltową C60BP3 ZM	m <sup>2</sup>	10 240
Wykonanie podbudowy zasadniczej o grubości 15 cm (w dwóch warstwach) – AC 22P 35/50	m <sup>2</sup>	10 390
• Produkcja AC 22P 35/50 do warstwy podbudowy	t	3 818
• Rozłożenie warstwy podbudowy (dwa razy)	t	3 818
• Zagęszczenie warstwy podbudowy (dwa razy)	m <sup>2</sup>	10 390
Skropienie podbudowy z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C90/3 (0/31,5) emulsją niemodyfikowaną C60B5 ZM	m <sup>2</sup>	10 540
Wykonanie podbudowy zasadniczej o grubości 20 cm – mieszanka niezwiązana z kruszywem C90/3 (0/31,5)	m <sup>2</sup>	11 240
• Produkcja mieszanki niezwiązanej z kruszywem do warstwy podbudowy	t	4 946
• Rozłożenie mieszanki kruszywa jako warstwy podbudowy	t	4 946
• Zagęszczenie warstwy podbudowy	m <sup>2</sup>	11 240

Tab. 4.3. Przyjęte procesy jednostkowe dla nawierzchni podatnej – etap budowy nawierzchni

Wykonano również zbiorcze zestawienie danych LCI dla analizowanych etapów budowy i utrzymania poszczególnych rodzajów nawierzchni. W tabeli 4.5. umieszczono przykładowe zestawienie dotyczące całkowitego zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub>. Zestawienie to przedstawia, ile energii pochłania i jaką ilość CO<sub>2</sub> emituje sam etap budowy, a także cały cykl życia nawierzchni według trzech przyjętych scenariuszy, osobno dla nawierzchni asfaltowej oraz betonowej.

### 3.3. Ocena wpływu cyklu życia – LCIA

Na podstawie wykonanego zbiorczego zestawienia danych LCI przeprowadzono trzeci etap analizy LCA, czyli ocenę wpływu cyklu życia – LCIA. Pierwszym elementem przy LCIA jest wybór kategorii wpływu, czyli konsekwencji związanej z obciążeniem ekosystemu zebranymi danymi LCI. Biorąc pod uwagę cel i zakres wykonywanej analizy, a także ilość i rodzaj zebranych danych, do oceny wpływu

wu cyklu życia przyjęto najbardziej znaczące dla środowiska kategorie wpływu (wybrane na podst. raportu technicznego PKN-ISO/TR 14047:2006 (16)) przedstawione w tabeli 4.6. Do poszczególnych kategorii dopasowano wartości wskaźników kategorii, które po uwzględnieniu danych LCI będą w sposób ilościowy określały dany problem środowiskowy.

Do wymienionych kategorii wpływu (tab. 4.6.) przyjęto następujące modele charakteryzowania i dopasowano dane inwentarzowe w oparciu o informacje z raportu technicznego (16):

- Zużycie zasobów energii oraz zasobów mineralnych określone będzie jako wartość sumaryczna zapotrzebowania energii i materiałów wyrażona odpowiednio w MJ i kg.
- Wpływ na zmiany klimatu będzie zdefiniowany jako kg równoważnika CO<sub>2</sub>, inaczej mówiąc ekwiwalent CO<sub>2</sub>. Zawiera on sumę trzech podstawowych gazów cieplarnianych występujących w dziedzinie budownictwa drogowego: CO<sub>2</sub> (dwutlenek węgla), N<sub>2</sub>O (podtlenek azotu) i CH<sub>4</sub> (metan). Ze względu na to, że udział tych gazów w globalnym ociepleniu nie jest taki sam, należy przyjąć odpowiednie parametry charakterystyki: dla N<sub>2</sub>O – 310, dla CH<sub>4</sub> – 21. Oznacza to, że np. 1 kg N<sub>2</sub>O ma takie samo działanie jak 310 kg CO<sub>2</sub>.
- Zakwaszenie związane z emisją gazów SO<sub>2</sub> i NOx określone będzie w formie kg równoważnika SO<sub>2</sub>. Do jego określenia przyjęto parametr charakterystyki dla NOx 0,41, co oznacza, że 1 kg NOx oddziałuje tak samo jak 0,41 kg SO<sub>2</sub> (16).
- Eutrofizację określa się jako kg równoważnika PO<sub>4</sub>. Obejmuje on sumę kilogramów fosforu (P) i azotu (N) emitowanych do wody oraz sumę NOx emitowanego do



Rok	Proces jednostkowy – UTRZYMANIE NAWIERZCHNI	Jedn.	Ilość
<b>SCENARIUSZ – STAN MINNESOTA</b>			
8	Naprawa spękań ~160 m	m <sup>2</sup>	432
12	Wykonanie powierzchniowego utrwalenia (31% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	3112
	Wykonanie cienkiego dywanika MMA na gorąco (9% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	903,6
20	Frezowanie warstwy ścieralnej +1,3 cm (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10040
	Wykonanie warstwy MMA o grubości sfrezowanych warstw + 4 cm (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10040
	• Produkcja mieszanki MMA	t	903,6
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10040
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10040
23	Naprawa spękań ~320 m	m <sup>2</sup>	864,865
27	Wykonanie powierzchniowego utrwalenia (31% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	3112,4
37	Frezowanie nawierzchni na grubość 5 cm (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10040
	Wykonanie warstwy MMA o grubości 9 cm (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10040
	• Produkcja mieszanki MMA	t	2 214
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10040
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10040
40	Naprawa spękań ~320 m	m <sup>2</sup>	864,865
44	Wykonanie powierzchniowego utrwalenia (31% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	3112,4
<b>SCENARIUSZ – FRANCJA</b>			
9	Wykonanie warstwy z MMA o grubości 6 cm (100% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	10 040
	• Produkcja mieszanki MMA	t	1 476
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10 040
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	10 040
17	Naprawa wierzchniej warstwy nawierzchni (60% powierzchni jezdni) – cienki dywanik na gorąco	m <sup>2</sup>	6024
	Wykonanie warstwy z MMA o grubości 6 cm (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4016
	• Produkcja mieszanki MMA	t	590,352
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
25	Naprawa wierzchniej warstwy nawierzchni (60% powierzchni jezdni) – cienki dywanik na gorąco	m <sup>2</sup>	6024
	Wykonanie warstwy z MMA o grubości 6 cm (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4016
	• Produkcja mieszanki MMA	t	590,352
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
33	Naprawa wierzchniej warstwy nawierzchni (60% powierzchni jezdni) – cienki dywanik na gorąco	m <sup>2</sup>	6024
	Wykonanie warstwy z MMA o grubości 6 cm (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4016
	• Produkcja mieszanki MMA	t	590,352
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
41	Naprawa wierzchniej warstwy nawierzchni (60% powierzchni jezdni) – cienki dywanik na gorąco	m <sup>2</sup>	6024
	Wykonanie warstwy z MMA o grubości 6 cm (40% powierzchni jezdni)	m <sup>2</sup>	4016
	• Produkcja mieszanki MMA	t	590,352
	• Rozłożenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016
	• Zagęszczenie warstwy MMA	m <sup>2</sup>	4016

Tab. 4.4. Przyjęte procesy jednostkowe dla nawierzchni podatnej – etap utrzymania nawierzchni

powietrza, przy założonych parametrach charakterystyki dla fosforu 3,1, dla azotu – 0,42, a dla NO<sub>x</sub> – 0,13.

- Całkowite odpady określone zostaną jako suma wszystkich odpadów składowanych i niebezpiecznych odpadów chemicznych oraz wyrażone w kg.
- Zanieczyszczenie powietrza cząstkami stałymi wyznaczone będzie jako suma emitowanych pyłów oraz wyrażone w kg.

Po dopasowaniu zebranych danych inwentarzowych do przyjętych kategorii wpływu za pomocą określonych modeli charakteryzowania zostają obliczone wskaźniki kategorii w arkuszu kalkulacyjnym na podstawie poniższego wzoru: wyniki LCI x parametr charakterystyki = wskaźnik kategorii wpływu.

Dla kategorii, gdzie obliczone zostały równoważniki, wykonano następujące działania:

- Zmiany klimatu  
[kg równoważnika CO<sub>2</sub>] = [LCI dla CO<sub>2</sub>] + 21\*[LCI dla CH<sub>4</sub>] + 310\*[LCI dla N<sub>2</sub>O]
- Zakwaszenie

[kg równoważnika SO<sub>2</sub>] = [LCI dla SO<sub>2</sub>] + 0,41\*[LCI dla NO<sub>x</sub>]

- Eutrofizacja  
[kg równoważnika PO<sub>4</sub>] = 3,1\*[LCI dla P] + 0,42\*[LCI dla N] + 0,13\*[LCI dla NO<sub>x</sub>]

Dla pozostałych kategorii wpływu wykonano tylko działanie dodawania odpowiednich wyników LCI bez parametrów charakteryzujących.

Wskaźniki kategorii zostały obliczone dla każdego rodzaju nawierzchni – dla samego etapu budowy i dla całego cyklu życia (budowa i utrzymanie) wg trzech scenariuszy utrzymaniowych (USA, Francja, Szwajcaria). Tabela (4.7) przedstawia otrzymane wyniki wskaźników kategorii. ■

\* Dokończenie artykułu w kolejnym wydaniu „Nawierzchni Asfaltowych”.

Rok	Proces jednostkowy – UTRZYMANIE NAWIERZCHNI	Jedn.	Ilość
<b>SCENARIUSZ – SZWAJCARIA</b>			
7	Wymiana warstwy ścieralnej i wiążącej	m <sup>2</sup>	10 040
	• Frezowanie warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
	• Wykonanie warstwy ścieralnej z MMA	m <sup>2</sup>	10 040
15	Wymiana warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 160
	• Frezowanie warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
	• Frezowanie warstwy wiążącej	m <sup>2</sup>	10 160
	• Wykonanie warstwy ścieralnej z MMA	m <sup>2</sup>	10 040
	• Wykonanie warstwy wiążącej z MMA	m <sup>2</sup>	10 160
	• Skropienie warstwy wiążącej	m <sup>2</sup>	10 080
22	Wymiana warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
30	Całkowita wymiana nawierzchni	m <sup>2</sup>	10 160
37	Wymiana warstwy ścieralnej	m <sup>2</sup>	10 040
45	Całkowita wymiana nawierzchni	m <sup>2</sup>	10 390
	• Wymiana warstwy ścieralnej i wiążącej	m <sup>2</sup>	10 160
	• Frezowanie warstwy podbudowy	m <sup>2</sup>	10 390
	• Wykonanie warstwy podbudowy z MMA	m <sup>2</sup>	10 390
	• Skropienie warstwy podbudowy z MMA	m <sup>2</sup>	10 240
	• Wykonanie warstwy podbudowy z mieszanki niezwiązanej z kruszywem	m <sup>2</sup>	11 240
	• Skropienie warstwy podbudowy z mieszanki niezwiązanej z kruszywem	m <sup>2</sup>	10 540

Tab. 4.4. Przyjęte procesy jednostkowe dla nawierzchni podatnej – etap utrzymania nawierzchni



Obwodnica Trójmiasta

## Bibliografia:

1. FHWA-HIF-15-002: *Towards Sustainable Pavement Systems. A Reference Document*, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2015.
2. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M., *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007.
3. Nurzyński K., Panek A., *Ocena cyklu życia jako narzędzie decyzyjne w projektach infrastruktury drogowej*, Budownictwo i Architektura, 2014, t. 13, nr 4, s. 381–388.
4. LCAccess – LCA 101, U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation, 2001.
5. PN-EN ISO 14040:2009 *Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura*.
6. Cyske W., Jaskuła P. & Jaczewski M., *Analiza techniczna, utrzymaniowa oraz ekonomiczna dla drogi ekspresowej S6 na odcinku Lębork (wraz z obwodnicą Lęborka)–obwodnica Trójmiasta Zadanie 1, 2, 3 i 4*, Gdańsk, 2016.
7. *MnDOT Pavement Design Manual*, S.I., 2016.
8. *State Aid Concrete Pavement Rehabilitation Best Practices Manual*, S.I., 2006.
9. *French Design Manual for Pavement Structures*, Paryż, 1997.
10. Gschösser F. & Wallbaum H., *Life Cycle Assessment of Representative Swiss Road Pavements for National Roads with an Accompanying Life Cycle Cost Analysis*, „Environmental Science & Technology”, 2013, t. 47, nr 15, s. 8453–8461, DOI DOI 10.1021/es400309e.
11. EUROBITUME, *Life cycle inventory: Bitumen*, S.I., 2012.
12. Hammond G., & Jones C., *The Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 2.0.*, University of Bath, 2011.
13. Stripple H., *Life cycle assessment of Road – A Pilot Study for Inventory Analysis*, Swedish Environmental Research Institute IVL, 2001.
14. Wang H., *Life Cycle Assessment of Asphalt Pavement Maintenance*, 2014.
15. *A Life Cycle Perspective on Concrete and Asphalt Roadways: Embodied Primary Energy and Global Warming potential*, Athena Institute, 2006.
16. PKN-ISO/TR 14047:2006 *Zarządzanie środowiskowe – Ocena wpływu cyklu życia – Przykłady stosowania ISO 14042*.

Rodzaj nawierzchni	Całkowite zużycie energii	CO <sub>2</sub>
	MJ	kg
<b>BUDOWA NAWIERZCHNI</b>		
Asfaltowa	4 731 337,91	249 725,08
Betonowa	6 709 266,35	924 472,85
<b>SCENARIUSZ – USA</b>		
Asfaltowa – BUDOWA	4 731 337,91	249 725,08
Asfaltowa – UTRZYMANIE	3 733 378,85	183 787,60
SUMA	8 464 716,76	433 512,68
Betonowa – BUDOWA	6 709 266,35	924 472,85
Betonowa – UTRZYMANIE	1 591 280,26	175 122,84
SUMA	8 300 546,61	1 099 595,69
<b>SCENARIUSZ – FRANCJA</b>		
Asfaltowa – BUDOWA	4 731 337,91	249 725,08
Asfaltowa – UTRZYMANIE	10 664 600,45	398 646,93
SUMA	15 395 938,36	648 372,01
Betonowa – BUDOWA	6 709 266,35	924 472,85
Betonowa – UTRZYMANIE	18 724 450,70	700 970,34
SUMA	25 433 717,05	1 625 443,19
<b>SCENARIUSZ – SZWAJCARIA</b>		
Asfaltowa – BUDOWA	4 731 337,91	249 725,08
Asfaltowa – UTRZYMANIE	10 621 992,02	576 286,08
SUMA	15 353 329,93	826 011,16
Betonowa – BUDOWA	6 709 266,35	924 472,85
Betonowa – UTRZYMANIE	6 518 887,40	941 500,00
SUMA	13 228 153,75	1 865 972,85

Tab. 4.5. Przykład zbiorczego zestawienia danych LCI dotyczących zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub>

Kategorie wpływu	Wartość wskaźnika kategorii
Zużycie zasobów energii	MJ
Zużycie zasobów mineralnych	kg
Zmiany klimatu	kg równoważnika CO <sub>2</sub>
Zakwaszenie	kg równoważnika SO <sub>2</sub>
Eutrofizacja	kg równoważnika PO <sub>4</sub>
Całkowite odpady	kg
Zanieczyszczenie powietrza cząstkami stałymi (pyły)	kg

Tab. 4.6. Przyjęte kategorie wpływu do analizy LCA

#### W drugiej części artykułu:

- interpretacja wyników: porównanie zużycia zasobów mineralnych oraz energii, wpływ na zmiany klimatu i zakwaszenie, eutrofizacja, zanieczyszczenie cząstkami stałymi;
- wnioski z analizy LCA.

OCENA WPŁYWU CYKLU ŻYCIA – LCIA								
Etap cyklu życia	Rodzaj nawierzchni	Zużycie zasobów energii	Zużycie zasobów mineralnych	Zmiany klimatu	Zakwaszenie	Eutrofizacja	Całkowite odpady	Zanieczyszczenie powietrza cząstkami stałymi (pyły)
		[MJ]	[kg]	[kg równoważnika CO <sub>2</sub> ]	[kg równoważnika SO <sub>2</sub> ]	[kg równoważnika PO <sub>4</sub> ]	[kg]	[kg]
Budowa nawierzchni	asfaltowa	4 731 337,91	11 742 276,00	249 953,59	748,86	125,97	148,89	31,29
	betonowa	6 709 266,35	11 125 154,00	927 364,46	2 143,40	312,99	43,13	1 556,61
Scen. utrzym. USA	asfaltowa	8 464 716,76	17 056 593,55	437 902,68	1 320,10	213,83	242,38	50,04
	betonowa	8 300 546,61	11 997 161,93	1 103 252,33	2 667,48	422,21	47,87	1 779,94
Scen. utrzym. Francja	asfaltowa	15 395 938,36	22 965 201,87	736 862,70	1 759,48	253,52	228,59	46,87
	betonowa	25 433 717,05	29 168 544,53	1 789 868,05	3 981,02	572,83	137,78	1 597,39
Scen. utrzym. Szwajcaria	asfaltowa	15 353 329,93	32 386 352,00	826 750,49	2 476,74	416,81	482,93	103,61
	betonowa	13 228 153,75	17 700 454,00	1 871 980,83	4 474,91	680,12	79,53	3 128,41

Tab. 4.7. Wyniki wskaźników kategorii wpływu – LCIA

PSWNA



## Asphalt. For better roads.



Nawierzchnie asfaltowe to  
**najcichsze**  
nawierzchnie drogowe.



Zapewniają użytkownikom najwyższy  
**komfort i bezpieczeństwo**  
podróżowania.



**Trwałość**  
nawierzchni asfaltowych  
osiąga nawet 50 lat.



**100%**  
nawierzchni asfaltowych  
można wykorzystać ponownie  
w procesie recyklingu.